

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-288522

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/786			H 0 1 L 29/78	6 2 6 C
27/12			27/12	R
21/336			29/78	6 1 2 Z
				6 2 7 G

審査請求 未請求 請求項の数19 F D (全 17 頁)

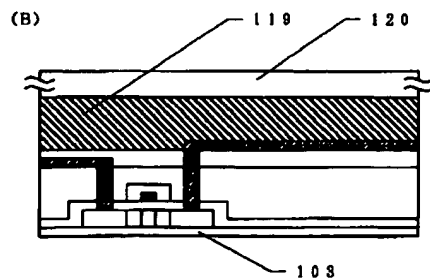
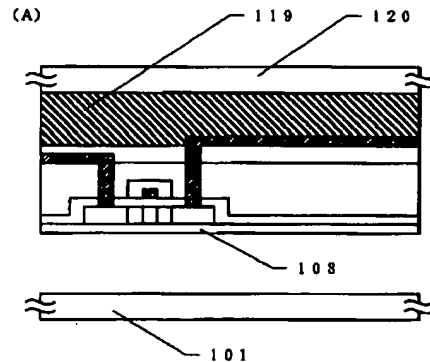
(21) 出願番号	特願平8-53737	(71) 出願人	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(22) 出願日	平成8年(1996)2月15日	(72) 発明者	山崎 舜平 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
(31) 優先権主張番号	特願平7-53219	(72) 発明者	荒井 康行 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平7(1995)2月16日	(72) 発明者	寺本 聡 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【目的】 アクティブマトリクス型の液晶表示装置においてフレキシビリティのあるものを提供する。

【構成】 ガラス基板101上に薄膜トランジスタを形成し、アクリル樹脂等なる封止層119を介して透光性を有し、かつ可撓性を有する樹脂基板120を接着する。そして、ガラス基板101を剥離することにより、可撓性を有する樹脂基板120上に薄膜トランジスタが形成された構成を得る。こうして、可撓性を有した樹脂基板を用いたアクティブマトリクス型の液晶表示装置用のパネルを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、

前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、  
前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、  
前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属

元素を接して保持させる工程と、  
加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性

珪素膜を得る工程と、  
前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する

工程と、  
前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、

前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する

工程と、  
前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する

工程と、  
を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項2】その表面に溝が形成された第1の基板上に

第1の絶縁膜を形成する工程と、  
前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、  
前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属

元素を接して保持させる工程と、  
加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性

珪素膜を得る工程と、  
前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する

工程と、  
前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、

前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する

工程と、  
エッチング溶液を用いて前記第1の絶縁膜を除去し、前

記第1の基板を剥離する工程と、  
を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】表面に溝が形成された第1の基板上に第1

の絶縁膜を形成する工程と、  
前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、  
前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属

元素を接して保持させる工程と、  
加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性

珪素膜を得る工程と、  
前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する

工程と、  
前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、

前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する

工程と、  
エッチング溶液を用いて前記第1の絶縁膜を除去し、前

記第1の基板を剥離する工程と、  
を有し、  
前記溝の底部と前記第1の絶縁膜との間には隙間が形成

されており、

前記エッチング溶液は前記隙間に進入することを特徴と

する半導体装置の作製方法。  
【請求項4】請求項1乃至請求項3において、  
珪素の結晶化を助長する金属元素として、Fe、Co、  
Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、A  
uから選ばれた一種または複数種類の元素が用いられる

ことを特徴とする半導体装置の作製方法。  
【請求項5】請求項1乃至請求項3において、

結晶性珪素膜中には、  
珪素の結晶化を助長する金属元素が $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 1$

$0^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含まれており、  
かつ水素原子及び／又はハロゲン元素が0.0005原子%～

5原子%の濃度で含まれていることを特徴とする半導体

装置の作製方法。  
【請求項6】請求項5において、前記ハロゲン元素は、

Cl、F、Brのうちの1種類又は複数種類の元素であ

ることを特徴とする半導体装置の作製方法。  
【請求項7】請求項1乃至請求項3において、

第1の基板がガラス基板または石英基板であることを特

徴とする半導体装置の作製方法。  
【請求項8】請求項1乃至請求項3において、

第2の基板が透光性を有し、かつ可撓性を有する樹脂基

板であることを特徴とする半導体装置の作製方法。  
【請求項9】第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工

程と、  
前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、  
前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属

元素を接して保持させる工程と、  
前記非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射し、被照射

領域を単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と

見なせる領域に変成する工程と、  
前記単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見

なせる領域を活性層として用いて薄膜トランジスタを形

成する工程と、  
前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、

前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する

工程と、  
前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する

工程と、  
を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項10】請求項9において、  
単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見な

せる領域は、  
実質的に当該領域内に結晶粒界が存在しておらず、  
欠陥を補償するための水素及び／又はハロゲン元素を $1$

$\times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでおり、  
かつ、炭素及び窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原

子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでおり、

かつ、酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項11】請求項10において、前記ハロゲン元素は、Cl、F、Brのうちの1種類又は複数種類の元素であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項12】請求項9において、第2の基板として透光性を有し、かつ可撓性を有する樹脂基板を用い、

レーザー光の照射後に加熱処理を施し、活性層中の応力を緩和させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項13】第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、

前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、

前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、

前記非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射し、被照射領域を結晶性を有する領域へと変成する工程と、

前記結晶性を有する領域を活性層として用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、

前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、

前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、

前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項14】請求項11において、

第2の基板として可撓性を有する樹脂基板を用い、

レーザー光の照射後に加熱処理を施し、活性層中の応力を緩和させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項15】第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、

前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、

前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、

前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、

加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性珪素膜を得る工程と、

ハロゲン元素を含んだ酸化性雰囲気中で加熱処理をして、前記結晶性珪素膜の表面に熱酸化膜を形成し、該熱酸化膜に当該金属元素をゲッタリングさせることにより

前記結晶性珪素膜中に存在する当該金属元素を除去または減少させる工程と、

前記工程で形成された熱酸化膜を除去する工程と、

前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、

前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、

前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、

前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項16】請求項15において、前記薄膜トランジスタを作製する工程は、

前記結晶性珪素膜をパターンニングして、薄膜トランジスタの活性層を形成する工程と、

前記活性層の表面に熱酸化膜を形成する工程と、

を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項17】請求項15又は請求項16において、珪素の結晶化を助長する金属元素としてFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類のものが用いられることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項18】請求項15又は請求項16において、ハロゲン元素を含んだ酸化性雰囲気は、 $\text{O}_2$  雰囲気中にHCl、HF、HBr、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{F}_2$ 、 $\text{Br}_2$ から選ばれた一種または複数種類のガスが添加されたものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項19】請求項15又は請求項16において、前記第2の基板として透光性を有し、かつ可撓性を有する樹脂基板を用い、

レーザー光の照射後に加熱処理を施し、活性層中の応力を緩和させることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本明細書で開示する発明は、フレキシブルな（可撓性を有する）ディスプレイパネルを提供する技術に関する。特にフレキシブルなアクティブマトリクス型の液晶表示装置を提供する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】小型軽量で薄型のディスプレイとして、液晶表示装置が知られている。これは、ディスプレイパネルの構成として、数 $\mu\text{m}$ の間隔で張り合わせられた一対の透光性の基板間に液晶を挟んで保持した構成を有している。動作に当たっては、所定の領域の液晶に電界を加えることにより、その光学特性を変化させ、パネルを透過する光の透過の有無や透過光量を制御する。

【0003】この液晶表示装置の表示特性をさらに高いものとする技術として、アクティブマトリクス型のディスプレイパネルが知られている。これは、マトリクス状に配置された各画素にスイッチング用の薄膜トランジスタ（一般に非晶質珪素薄膜が利用される）を配置し、各画素に出入りする電荷を薄膜トランジスタによって制御するものである。

【0004】アクティブマトリクス型の液晶表示装置の特性を向上させるには、使用される薄膜トランジスタの特性を向上させる必要があるが、それは使用する基板の関係から困難であるのが現状である。

50 【0005】液晶ディスプレイパネルに利用される基板

に必要とされるのは、可視光を透過する光学特性である。このような光学特性を有する基板としては、各種樹脂基板、ガラス基板、石英基板等である。この中で、樹脂基板は、耐熱性が低いので、その表面に薄膜トランジスタを作製することは困難である。また石英基板は、1000℃以上の高温にも耐えることができるが、高価であり、ディスプレイの大型化に際しての経済性に問題がある。そこで一般的には、ガラス基板が利用されている。

【0006】薄膜トランジスタの特性を向上させるには、薄膜トランジスタを構成する薄膜半導体として、結晶性を有する珪素半導体薄膜を用いる必要がある。しかし、結晶性珪素薄膜を形成するには、試料を高温雰囲気中に曝す必要があり、ガラス基板を利用する場合、基板の反りや変形が問題となる。特に大面積化を計った場合、この問題が顕在化してしまう。

【0007】このような問題を解決し、かつ高い表示特性を有する液晶表示パネルを得る技術として、特許出願公表番号平6-504139号公報に記載された技術が公知である。この技術は、SOI技術等によって形成された単結晶珪素薄膜を利用して薄膜トランジスタを作製し、さらにこの薄膜トランジスタをエピタキシャル成長用の基板から剥離し、必要とする光学特性を有する任意の基板に接着することによって、液晶表示装置を構成するパネルを得るものである。

【0008】この技術を用いた場合、公知のSOI技術を用いて形成された単結晶珪素薄膜を用いることができるので、高い特性を有する薄膜トランジスタを得ることができる。また、基板として湾曲面を有するものを利用することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】前述の特許出願公表番号平6-504139号公報に記載された技術においては、SOI技術を用いて薄膜トランジスタを作製している。しかし現状におけるSOI技術では、10インチ対角以上の大面積において単結晶薄膜を形成することは困難である。

【0010】例えば、現状においては、単結晶ウェハーとして最大のものは16インチのものである。この場合、得られる正方形のパネルの最大のものは、 $16 \times (1/2)^2 = 11$ インチ対角のものである。

【0011】一方、液晶表示パネルとしては、対角寸法で20インチあるいは30インチ以上のものが今後要求されていくことが予想される。このような大型の液晶表示パネルを構成することは、公知のSOI技術を用いた方法では不可能である。

【0012】そこで、本明細書で開示する発明は、大面積にわたって高い特性を有する薄膜トランジスタを作製する技術を提供することを課題とする。また、この技術を利用して表示パネルを得る技術を提供することを課題

とする。さらにこれら技術を用いて作製された薄膜トランジスタや表示パネルを提供することを課題とする。

【0013】

【課題を解決するために手段】本明細書で開示する発明の一つは、第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性珪素膜を得る工程と、前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、を有することを特徴とする。

【0014】上記構成の具体的な例を図1〜3に示す。まず図1において、第1の基板であるガラス基板101上に剥離層として機能する第1の絶縁膜(酸化珪素膜)102を成膜する。次に第2の絶縁膜として酸化珪素膜103を成膜する。この酸化珪素膜102と103とは、その成膜方法が異なり、第1の酸化珪素膜102は後にエッチングによって除去され易いものとする。(この点に関しては後述する)

【0015】次に第2の絶縁膜103上に非晶質珪素膜104を成膜する。そして珪素の結晶化を助長する金属元素を含んだ溶液を塗布し、水膜105を形成し、スピナー106を用いたスピンドライを行うことにより、非晶質珪素膜104の表面に当該金属元素が接して保持された状態とする。

【0016】そして加熱処理を施すことにより、結晶性珪素膜107を得て、この珪素膜を活性層として、図2(A)に示すように薄膜トランジスタを形成する。薄膜トランジスタを形成したら、この薄膜トランジスタを封止する層119を形成する。そして、フレキシブルな透光性基板120を接着する。その後、エッチングを行うことにより、剥離層である第1の絶縁膜102を除去し、ガラス基板101を薄膜トランジスタから剥離する。

【0017】他の発明の構成は、その表面に溝が形成された第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性珪素膜を得る工程と、前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、エッチング溶液を用いて前記第1の絶縁

膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、を有することを特徴とする。

【0018】他の発明の構成は、表面に溝が形成された第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、加熱処理を施し、前記非晶質珪素膜を結晶化させ結晶性珪素膜を得る工程と、前記結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、エッチング溶液を用いて前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、を有し、前記溝の底部と前記第1の絶縁膜の間には隙間が形成されており、前記エッチング溶液は前記隙間に進入することを特徴とする。

【0019】本明細書で開示する構成においては、珪素の結晶化を助長する金属元素として、Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Cu、Auから選ばれた一種または複数種類の元素が用いられることができる。特にNiを用いた場合に高い再現性と効果を得ることができる。

【0020】またこの珪素の結晶化を助長する金属元素は、珪素膜中において、 $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{18}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  の濃度となるように調整する必要がある。これは、結晶化に必要とする濃度としては、 $1 \times 10^{14}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  の濃度が必要であり、 $5 \times 10^{18}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  以上の濃度となると半導体としての特性が損なわれてしまうからである。なお、本明細書中における原子の濃度は、SIMS（2次イオン分析方法）を用いて得られた計測値の最小値として定義される。

【0021】また、上記金属元素を利用することによって得られた結晶性珪素膜は、その膜中に不対結合手の中和用に水素及び／又はハロゲン元素が0.0005原子%～5原子%の濃度で含まれている。

【0022】他の発明の構成は、第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、前記非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射し、被照射領域を単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域に変成する工程と、前記単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を活性層として用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、を有することを特徴とする。

【0023】上記構成において、単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域は、実質的に当該領域内に結晶粒界が存在しておらず、さらに欠陥を補償するための水素及び／又はハロゲン元素を  $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  の濃度で含んでおり、さらに炭素及び窒素の原子を  $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  の濃度で含んでおり、さらに酸素の原子を  $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$  原子  $\text{cm}^{-3}$  の濃度で含んでいる。

【0024】他の発明の構成は、第1の基板上に第1の絶縁膜を形成する工程と、前記第1の絶縁膜上に第2の絶縁膜を形成する工程と、前記第2の絶縁膜上に非晶質珪素膜を形成する工程と、前記非晶質珪素膜の表面に珪素の結晶化を助長する金属元素を接して保持させる工程と、前記非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射し、被照射領域を結晶性を有する領域へと変成する工程と、前記結晶性を有する領域を活性層として用いて薄膜トランジスタを形成する工程と、前記薄膜トランジスタを封止する層を形成する工程と、前記封止する層に透光性を有する第2の基板を接着する工程と、前記第1の絶縁膜を除去し、前記第1の基板を剥離する工程と、を有することを特徴とする。

【0025】本明細書で開示する発明における珪素の結晶化を助長する金属元素の導入方法としては、当該金属元素を含んだ溶液を用いることが簡便である。例えば、Niを用いる場合には、臭化ニッケル溶液、酢酸ニッケル塩溶液、蓚酸ニッケル溶液、炭酸ニッケル溶液、塩化ニッケル溶液、沃化ニッケル溶液、硝酸ニッケル溶液、硫酸ニッケル溶液、蟻酸ニッケル溶液、ニッケルアセチルアセトネート溶液、4-シクロヘキシル酪酸ニッケル溶液、酸化ニッケル溶液、水酸化ニッケル溶液等から選ばれた少なくとも1種類の化合物を用いることができる。

【0026】また、当該金属元素として、Fe（鉄）を用いる場合には、その化合物として鉄塩として知られている材料、例えば臭化第1鉄（ $\text{FeBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、臭化第2鉄（ $\text{FeBr}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、酢酸第2鉄（ $\text{Fe}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化第1鉄（ $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化第2鉄（ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、フッ化第2鉄（ $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）、硝酸第2鉄（ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ）、リン酸第1鉄（ $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ）、リン酸第2鉄（ $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれたものを用いることができる。

【0027】また、当該金属元素としてCo（コバルト）を用いる場合には、その化合物としてコバルト塩として知られている材料、例えば臭化コバルト（ $\text{CoBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、酢酸コバルト（ $\text{Co}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化コバルト（ $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）、フッ化コバルト（ $\text{CoF}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、硝酸コバルト（ $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれたものを用いることができる。

【0028】また当該金属元素として、Ru（ルテニウム）を用いる場合には、その化合物としてルテニウム塩として知られている材料、例えば塩化ルテニウム（ $\text{RuCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0029】また当該金属元素として、Rh（ロジウム）を用いる場合には、その化合物としてロジウム塩として知られている材料、例えば塩化ロジウム（ $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0030】また当該金属元素として、Pd（パラジウム）を用いる場合には、その化合物としてパラジウム塩として知られている材料、例えば塩化パラジウム（ $\text{PdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0031】また当該金属元素として、Os（オスニウム）を用いる場合には、その化合物としてオスニウム塩として知られている材料、例えば塩化オスニウム（ $\text{OsCl}_3$ ）を用いることができる。

【0032】また当該金属元素として、Ir（イリジウム）を用いる場合には、その化合物としてイリジウム塩として知られている材料、例えば三塩化イリジウム（ $\text{IrCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）、四塩化イリジウム（ $\text{IrCl}_4$ ）から選ばれた材料を用いることができる。

【0033】また当該金属元素として、Pt（白金）を用いる場合には、その化合物として白金塩として知られている材料、例えば塩化第二白金（ $\text{PtCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）を用いることができる。

【0034】また当該金属元素として、Cu（銅）を用いる場合には、その化合物として酢酸第二銅（ $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ）、塩化第二銅（ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）、硝酸第二銅（ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれた材料を用いることができる。

【0035】また当該金属元素として、金を用いる場合には、その化合物として三塩化金（ $\text{AuCl}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ）、塩化金塩（ $\text{AuHCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ）から選ばれた材料を用いることができる。

【0036】

【実施例】

〔実施例1〕本実施例は、ガラス基板上に550℃程度以下の低温プロセスで作製された大面積を有する液晶ディスプレイ用の薄膜集積回路を可撓性を有する基板であるPET（ポリエチレンテレフタレート）基板に移替え、曲面においても配置可能なアクティブマトリクス型の液晶表示装置を構成する例に関する。特に本実施例では、画素領域の構成に関して説明する。ここでは、液晶表示装置を例として示すが、EL型のディスプレイに本明細書で開示する技術を利用することもできる。

【0037】まずガラス基板101を用意する。このガラス基板は、その表面に細かい凹部を予め付けておく。ここでは、この凹部は、幅及び高さが数千Å～数μm、深さが数μm～数10μm、その形状が格子状あるいはストライプ状を有したものとする。この凹部は後に成膜

される剥離層の平坦性が保たれる範囲において、深くした方がよい。この凹部の形成方法は、フォトリソグラフィ工程を用いたエッチング、または機械的なエッチングを用いて行えばよい。

【0038】ガラス基板の上には、剥離層として機能する酸化珪素膜が成膜される。ここでは、酸化珪素系被膜形成用塗布液を用いた酸化珪素膜を用いる。この酸化珪素系被膜形成用塗布液というのは、シラノール系のモノマーあるいはオリゴマー等をアルコール、ケトン等の有機溶媒に溶解させたものや、酸化珪素の微粉末を有機溶媒に分散させたものである。このような酸化珪素系被膜形成用塗布液の具体例としては、東京応化工業株式会社のOCD（Ohka Diffusion Source）を用いることができる。

【0039】上記OCD溶液は、スピナー等を用いて被形成面に塗布し、200～300℃の温度でベークすることにより、簡単に酸化珪素膜を形成することができる。また、これら酸化珪素系被膜形成用塗布液（OCD溶液に限らず）を用いて形成された酸化珪素膜は、スパッタ法やCVD法によって形成された酸化珪素膜に比較して、極めてエッチングレートが高い（条件によっては1桁以上大きい）という特徴を有する。例えば本発明者らの実験によれば、TEOSガスをを用いたプラズマCVD法で成膜された酸化膜（ゲイト絶縁膜や層間絶縁膜に利用される）のバッファーフッ酸に対するエッチングレートは、1000～2000Å/分程度であるが、上記OCD溶液を用いて成膜された酸化珪素膜のバッファーフッ酸に対するエッチングレートは、1μm/分以上のものが得られている。

【0040】本実施例では、東京応化工業株式会社のOCD溶液の中で、Type2 Si59000を用いて、剥離層102を形成する。この剥離層102の形成は、上記OCD溶液をスピナーを用いて塗布し、250℃の温度で30分間のベークを行うことにより行う。酸化珪素膜でなる剥離層102の厚さは1μmとする。なお、この剥離層102の表面は平坦なものとなるように注意する必要がある。

【0041】この剥離層102とガラス基板101との間には、図7に示すようにガラス基板の凹凸に起因する隙間701が存在することとなる。また、隙間701が形成されるように、OCD溶液の濃度を調整することは有効である。

【0042】剥離層102を成膜したら、下地膜となる酸化珪素膜103を成膜する。この酸化珪素膜103はTEOSガスをを用いたプラズマCVD法を用いて緻密な膜質として成膜する。この酸化珪素膜103は、後に薄膜トランジスタの裏面側を覆う保護膜としての機能を有するから、5000Å以上の厚さの膜とする必要がある。また、この下地膜となる酸化珪素膜103の成膜は、スパッタ法によって行ってもよい。（図1（A））

11

【0043】次に図1(B)に示すように非晶質珪素膜104をプラズマCVD法または減圧熱CVD法で成膜する。この非晶質珪素膜104の成膜は従来より公知の成膜方法を用いればよい。この非晶質珪素膜104の厚さは、500Å程度とすればよい。さらに試料をスピナー106上に配置し、所定の濃度に調整したニッケル酢酸塩溶液を塗布し水膜105を形成する。そしてスピナー106を用いてスピンドライを行うことにより、不要な溶液を吹き飛ばし、ニッケル元素が非晶質珪素膜104の表面に接して保持された状態とする。

【0044】この状態で加熱処理を施すことにより、非晶質珪素膜104を結晶化させる。この加熱処理は550℃、4時間の条件で行えばよい。普通、非晶質珪素膜に対して、550℃の温度で加熱処理を加えても、数100時間以上の処理を加えないと結晶化は進行しない。しかし、珪素の結晶化を促進させるある種の金属元素（ここではニッケル元素）を利用すると、上記のような条件でも結晶性珪素膜を得ることができる。またこのような金属元素を用いた場合、500℃程度の温度でも、数十時間の時間をかければやはり結晶性珪素膜を得ることができる。このような低温結晶化の効果は、金属元素としてニッケルを用いた場合に顕著なものとして得ることができる。

【0045】この加熱処理による非晶質珪素膜の結晶化工程において加えられる550℃程度の温度であれば、コーニング7059ガラス基板のような安価で大面積化の容易な基板を利用することができる。従って、生産コストを抑えて、大面積な結晶性珪素膜を得ることができる。

【0046】こうして、図1(C)に示すように結晶性珪素膜107を得る。さらにレーザー光を照射することにより、珪素膜107の結晶性を向上させる。そして結晶性珪素膜107の表面を100Å程度エッチングする。これは、結晶性珪素膜の表面に存在している高濃度のニッケル層（おそらくニッケルシリサイド化している）を取り除くためである。そしてこの結晶性珪素膜107をパターニングして、図1(D)に示すように薄膜トランジスタの活性層108を得る。

【0047】次に図2(A)に示すように、活性層108を覆ってゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜109を成膜する。このゲイト絶縁膜の厚さは1000Å程度とすればよい。勿論このゲイト絶縁膜の膜厚等は、必要とする特性や利用されるプロセスに合わせて決定される。

【0048】ゲイト絶縁膜109の成膜後、スカンジウムを微量に含有したアルミニウムを主成分とする膜を成膜し、さらにパターニングを施すことにより、ゲイト電極110を得る。このアルミニウムを主成分とする膜の厚さは、例えば6000Åとすればよい。この場合、ゲイト電極110の厚さは6000Åとなる。

12

【0049】さらに電解溶液中においてゲイト電極110を陽極として陽極酸化を行うことにより、陽極酸化物層111を2000Åの厚さに成膜する。この陽極酸化物層111の厚さでもって後の不純物イオン注入の工程において、オフセットゲイト領域を形成することができる。

【0050】陽極酸化物層111を形成したら、ソース／ドレイン領域を形成するための不純物イオンの注入を行う。ここでは、Nチャネル型の薄膜トランジスタを得るためにP(リン)イオンの注入を行う。この工程は、プラズマドーピング法またはイオン注入法によって行えばよい。

【0051】この工程によって、ソース領域112、ドレイン領域115、チャネル形成領域114、オフセットゲイト領域113が形成される。また、不純物イオンの注入終了後、レーザー光または強光の照射を行い、ソース／ドレイン領域112、115の再結晶化と注入されたイオンの活性化を行う。このようにして図2(A)に示す状態を得る。

【0052】図2(A)に示す状態を得たら、層間絶縁膜116として酸化珪素膜を形成する。層間絶縁膜116としては、有機樹脂を用いてもよい。有機樹脂としては、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド等を利用することができる。また、層間絶縁膜116としては、各種樹脂材料の2層以上の多層構造や酸化珪素膜と樹脂層との積層構造をとることもできる。

【0053】層間絶縁膜116を成膜したら、コンタクトホール形成を行う。そしてチタンとアルミニウムの積層体を用いてソース電極117を形成する。さらに、酸化珪素膜である2層目の層間絶縁膜200を形成する。次にITOを用いてドレイン領域115に接続される電極118を形成する。この電極は、薄膜トランジスタのドレイン領域に接続された画素電極を構成する。こうして配線も含めて薄膜トランジスタが完成する。

【0054】次に配線も含めて薄膜トランジスタを封止するための封止材料として機能する樹脂材料119を形成する。樹脂材料としては、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド等を利用することができる。樹脂材料119としては、各種樹脂材料の2層以上の多層構造を利用してもよい。

【0055】ここでは、この樹脂材料119としてUV硬化型の接着剤としての機能を有するエポキシ樹脂を用いる。そして、次に液晶パネルの基板となる透光性でありかつ可撓性を有する樹脂基板120を樹脂材料119でもって接着する。ここでは、樹脂基板120として、厚さ1mm厚のPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムを用いる。また、基板120の接着方法としては、樹脂材料119を用いるのではなく、他に接着層を利用するのでもよい。

【0056】次にバッファーフッ酸を用いて剥離層10

13

2のエッチングをする。この工程において、ガラス基板101の表面には溝が形成されているので、剥離層とガラス基板の表面との間にはこの溝の存在に従う隙間が存在している。そしてこの隙間にエCHANTが進入することにより、エッチングが急速に進行していく。さらに、OCD溶液に代表される酸化珪素系被膜形成用塗布液を用いて形成された酸化珪素膜は、プラズマCVD法やスパッタ法で形成された酸化珪素膜に比較して、1桁以上高いエッチングレートを有している。従って、このエッチング工程において、剥離層のみを選択的に取り除くことができる。

【0057】この結果、図3(A)に示すように、ガラス基板101と下地膜である酸化珪素膜103とが剥離されることとなる。

【0058】こうして図3(B)に示す状態を得る。この状態では、アクティブマトリクス型の液晶表示パネルの一方が完成する。即ち、一対の基板間に液晶を挟んで保持する構成の液晶パネルにおけるパネルの一方が完成する。

【0059】なお、図3(B)に示す一方のパネルにおいては、画素領域の1画素の部分しか示されていない。しかし、以上示したような工程と同様な工程により、周辺回路用の薄膜トランジスタを構成し、周辺駆動回路をも一体化した構成とすることができる。

【0060】さらに図4に示すように厚さ1mmのPETフィルム124の表面に対向電極123と配向膜122を配置する。こうして図3(B)に示すパネルと対になるパネルを得る。そして、図3(B)に示すパネルの露呈した酸化珪素膜103上に液晶を配向させるための配向膜121を形成する。そして、2つのパネルを張り合わせ、さらにその隙間(5μm)にTN型液晶を注入する。こうして図4に示す液晶ディスプレイパネルを完成させる。また図には示されていないが、カラーフィルターや移送補償フィルム、さらに偏光フィルムが必要に応じて配置される。

【0061】本実施例においては、TN液晶に紫外線硬化型の樹脂材料を混入したものを用いる。そしてパネルの完成後、紫外線を照射し、この樹脂材料を硬化させる。この結果、柱状に硬化した樹脂材料によって、一対のパネルの間隔が保持される。またこの樹脂材料だけでは、パネルの張り合わせの際にパネル間の間隔を保持できないので、公知のスペーサーを利用する必要がある。

【0062】また図4に示す状態では、水分の進入等により、特性の劣化が進行する可能性があるため、全体を熱硬化型の樹脂フィルムを用いて封止する。

【0063】図4に示す構成においては、基板として可撓性を有する樹脂基板を用いているので、液晶パネル全体を可撓性を有するものとして行うことができる。また、結晶性の珪素膜を用いた薄膜トランジスタを用いたアクティブマトリクス型の液晶表示装置であるので、高い画像

14

表示機能を有したものとすることができる。

【0064】〔実施例2〕本実施例は、実施例1で示した工程において、珪素の結晶化を助長する金属元素として、Cu(銅)を用いた場合の例である。本実施例においては、酢酸第二銅( $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ )溶液を用いて銅元素の導入を行う。この溶液中の銅元素の濃度は、最終的な珪素膜中に残留する銅元素の濃度が、 $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ となるように調整する。

【0065】珪素の結晶化を助長する金属元素として、Cuを用いた場合、結晶化のための加熱処理は、580℃、4時間の条件で行う。これは、CuはNiに比較して、珪素の結晶化を助長する作用が多少小さいからである。その他の構成や工程条件は、実施例1に示したのと同様である。

【0066】〔実施例3〕本実施例は、ガラス基板上に単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を有する珪素膜を形成し、この珪素膜を用いて、フレキシブルな構造を有するアクティブマトリクス型の液晶表示装置を構成する例を示す。

【0067】ここでは、ガラス基板としてコーニング7059ガラス基板(歪点593℃)を用いる。またガラス基板上には、予め格子状あるいはストライプ状に数μm幅で深さが数μm～数十μmの溝を形成しておく。

【0068】まずガラス基板501上に剥離層502を形成する。この剥離層502は、前述のOCD溶液を用いた酸化珪素膜とする。この際、先の溝が存在する関係で、溝の低部には微小な隙間が形成される。

【0069】そして、この剥離層502の上にTEOSガスを用いたプラズマCVD法で酸化珪素膜503を形成する。この酸化珪素膜503は、後に薄膜トランジスタ回路を支える支持体となるので、厚く成膜する。ここでは8000Åの厚さに成膜する。さらにプラズマCVD法または減圧熱CVD法により、非晶質珪素膜504を300Åの厚さに成膜する。

【0070】次に試料をスピナー506上に配置し、ニッケル酢酸塩溶液を塗布し水膜505を形成する。ここで塗布されるニッケル酢酸塩溶液のニッケル元素の含有濃度は、最終的に珪素膜中に残留するニッケル元素の濃度が $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ となるように調整する。このニッケル元素の珪素膜中での濃度は、SIMS(2次イオン分析法)を用いた珪素値の最大値をもって定義される。

【0071】ニッケル酢酸塩溶液の水膜505の形成後、スピンドライを行い、不要な溶液を吹き飛ばす。こうして、非晶質珪素膜の表面にニッケル元素が接して保持された状態とする。この状態においてレーザー光を照射し、非晶質珪素膜の結晶化を行う。ここでは、線状にビーム加工したKrFエキシマレーザーを用いる。このレーザー光の照射の際、試料を550℃の温度に加熱する。



【0072】ここで用いるレーザー光は、ビームを長さ数十cm、幅1mm程度の線状に光学系（多数の各種レンズで構成される）を用いて加工されたものを用いる。この線状のレーザー光を用いた珪素膜の結晶化は、レーザー光をゆっくりと走査させながら非晶質珪素膜に照射することによって、図5（B）の507で示されるような結晶化された領域を少しずつ成長させていくものである。

【0073】このレーザー光の照射によって得られる結晶化された領域は、単結晶または実質的に単結晶と見なせる電気特性を有している。即ち、その領域内には実質的に結晶粒界が存在していない結晶構造を有している。しかし、一般的な単結晶ウエハーとは異なり、その領域中においては、欠陥を補償するための水素（またはハロゲン元素）を $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{20}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。これは、出発膜が非晶質珪素膜であるからである。

【0074】また、炭素及び窒素の原子を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。また、酸素の原子を $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{19}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。これら、炭素、窒素さらには酸素を含んでいるのは、出発膜がCVD法で成膜された非晶質珪素膜であることに起因する。即ち、プラズマCVD法や減圧熱CVD法で成膜された非晶質珪素膜中には、炭素、窒素、酸素がその成膜の際に不可避に含まれてしまうことに起因する。

【0075】また、本実施例で示すような珪素の結晶化を助長する金属元素を利用している場合には、その膜中に当該金属元素を $1 \times 10^{14} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子 $\text{cm}^{-3}$ の濃度で含んでいる。この濃度範囲の意味するところは、これ以上の濃度範囲では、金属としての特性が表れてしまい、またこの濃度範囲以下では、そもそも珪素の結晶化を助長する作用を得ることができないということである。

【0076】また、本実施例で示すレーザー光の照射による結晶化によって得られる単結晶とみなせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域は、細長い線状の領域として得ることができるが、その幅をあまり大きくすることができない。即ち大面積にわたって上記領域を得ることは、現状の技術においてはできない。

【0077】しかし、アクティブマトリクス型の液晶表示装置においては、薄膜トランジスタが図6に示すように、規則正しく列をなして配置されるので、実際に結晶化が必要とされるのは、特定の線状の領域となる。

【0078】図6において、601がソース線であり、602がゲート線である。また603が画素電極を構成するITO電極である。また605が薄膜トランジスタのソース領域へのコンタクトであり、604がゲート電極へのコンタクトであり、606がドレイン領域と画素電極603とのコンタクトである。

【0079】図6に示す構成においては、607で示される領域が薄膜トランジスタの活性層を構成する領域となる。従って、少なくともこの領域を結晶化させればよいこととなる。

【0080】実際には、図6に示されるような構成は、数百×数百のマトリクス状に形成される。従って、最低限必要なのは、608や609で示される線状の領域を結晶化させればよいこととなる。活性層の幅は数 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ 程度であるので、608や609で示される線状の領域を、本実施例で示すようなレーザー光の照射によって単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域とすることができる。

【0081】そこで、本実施例においては、図5（B）に示すように線状のレーザービームを走査しながら照射することによって、507で示されるような、単結晶と見なせる領域、または実質的に点結晶と見なせる線状の領域を選択的に形成する。

【0082】本実施例では、珪素の結晶化を助長する金属元素を用いたが、この金属元素を用いない場合は、単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を形成することは困難となる。

【0083】また、レーザー光の照射条件は非常に微妙なものであるので、予備実験を十分にを行い、その条件を見い出しておく必要がある。レーザー光の照射条件で特に重要なものとなるのは、レーザー光の照射密度とその走査速度の関係である。

【0084】また、金属元素を用いても、レーザー光の照射の際に加熱を行わないと、やはり単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を形成することは困難となる。ここでは、この加熱温度を $550^{\circ}\text{C}$ としたが、ガラス基板が耐える範囲においてなるべく高くすることが望ましい。具体的には、ガラス基板の歪点以下の温度でなるべく高い温度とすることが望ましい。

【0085】図5（B）に示すような方法により得られる単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域は、図5（B）の奥行き方向に長手方向を有する線状を有している。そして、形成されるべき薄膜トランジスタは、図面の奥行き方向に多数個並んで配置されることとなる。

【0086】図5（B）に示すレーザー光の照射工程において、単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を形成した後、パターニングを施すことにより、図5（C）に示すように薄膜トランジスタの活性層508を形成する。この活性層508の紙面向こう側（奥手側）と手前側にも同様な活性層が同時に多数個形成される。

【0087】この活性層508は単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域で構成されている。即ち、活性層508中には実質的に結晶粒界が存在していない。従って、単結晶ウエハーを用いて構成さ

れたトランジスタやSOI技術等で得られた単結晶珪素薄膜を用いた構成された薄膜トランジスタに匹敵する電気特性を有したものとすることができる。

【0088】活性層508を形成したら、ゲイト絶縁膜として機能する酸化珪素膜509をプラズマCVD法または減圧熱CVD法で成膜する。この酸化珪素膜509の厚さは1200Åとする。さらにアルミニウムを主成分とするゲイト電極510を形成する。またのこのゲイト電極510の周囲に陽極酸化によって形成される酸化物質層511を形成する。

【0089】図5(C)に示す状態で示される活性層508の部分は、チャンネル形成領域の部分である。図5(C)で示されるのは、図2で示される薄膜トランジスタの断面を90度異なる角度から見た断面である。また図5(C)で示す断面は、図6のA-A'で切った断面に相当する。

【0090】陽極酸化物質511の形成後、層間絶縁膜512をTEOSガスを用いたプラズマCVD法で成膜する。さらにコンタクトホール形成を行った後、ゲイト電極510へのコンタクト配線(コンタクト電極)513を形成する。この際、図示しないが、必要とする配線を同時に行う。

【0091】そして封止材としても機能するエポキシ樹脂等の接着層515を形成し、先に形成した配線および回路を封止する。この接着層515はUV光の照射によって硬化するタイプのものを用いる。そして、PETフィルムでなる可撓性を有する透光性基板515を接着層514を介して接着する。

【0092】次にフッ酸系のエッチャント(例えばバッファーフッ酸)を用いて剥離層502を除去する。この際、ガラス基板501上に形成された溝にエッチャントが進入し、剥離層502のエッチングを促進させる。こうして、ガラス基板501を剥離させることができる。

【0093】ガラス基板501を剥離することで、図5(D)に示すような状態を得ることができる。こうして、アクティブマトリクス型の液晶表示装置を構成するパネルの一方が完成する。後は、実施例1に示したように、対向するパネルを作製し、所定の間隔をもって張り合わせを行い、さらに対向するパネル間に液晶を充填することによって、アクティブマトリクス型の液晶表示パネルが完成する。

【0094】本実施例においては、図6に示すような画素領域における薄膜トランジスタの配置状態を例に上げて液晶パネルの作製工程を説明した。従って、本実施例における画素領域の薄膜トランジスタを駆動する周辺駆動回路領域(シフトレジスタ回路やアナログバッファ回路等で構成される)の構成としては、画素領域を構成する薄膜トランジスタと同一工程で同一基板上に形成される構成(周辺駆動回路領域と画素領域とを同一基板上に形成する構成)としてもよいし、ICチップで構成さ

れた周辺駆動回路を外付けする構成としてもよい。

【0095】画素領域を構成する薄膜トランジスタの形成と周辺駆動回路領域を構成する薄膜トランジスタを構成する薄膜トランジスタの形成とを同一工程で行う場合には、図5に示すような工程と同様な工程を経ることにより、周辺駆動回路を構成する薄膜トランジスタを画素領域に配置される薄膜トランジスタの作製とを同時に行う。また、周辺駆動回路を構成する薄膜トランジスタの配置は、一直線状に並ぶように配置し、線状のレーザー光の照射に従う結晶化領域(線状に結晶化された領域)を巧く利用できるようにデザインする。

【0096】〔実施例4〕本実施例は、実施例1~3に示したようなガラス基板を用いる構成ではなく、石英基板を用いるものである。石英基板を用いた場合には、ガラス基板を用いた場合に比較して材料コストがかかるという欠点がある。しかし、1000℃以上の高温熱処理を行うことができるので、珪素の結晶化を助長する金属元素を利用しなくても結晶性珪素膜を得ることができる。

【0097】本実施例では、石英基板の利用によるコストの増加を抑制するために以下に示す構成を採用する。石英基板を用いた場合にも、実施例1や実施例3に示した場合と同様の工程により、液晶表示パネルを形成すればよい。この際、酸化珪素でなる剥離層をエッチングする際に、石英基板の表面もまた程度の差はあれエッチングされる。

【0098】そこで本実施例においては、一度利用された石英基板の表面を化学的なエッチングあるいは機械的な研磨により平坦化し、さらに再び溝を形成することにより、複数回に渡って石英基板を使用することを特徴とする。

【0099】1回の使用により石英基板表面の研磨される厚さを50μm程度と見積もり、厚さ2mmの石英基板を用いるとした場合、その厚さが半分になるまで利用できる回数は、200回程度と概算される。現状においては、コーニング7059ガラス基板に対する石英基板の値段は、10cm角で10倍程度であるので、本実施例の構成を採用することで、ガラス基板を利用した場合と同様な生産コストを実現することができる。

【0100】本実施例の構成を採用した場合において、実施例3で示したようなレーザー光の照射を行い、単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を形成し、さらにこの領域を用いることによって薄膜トランジスタを形成する構成としてもよい。このような場合、試料を1000℃程度まで加熱することができ、レーザー光の照射による効果を高めることができる。また、実施例3で示したように珪素の結晶化を助長する金属元素を利用すると、さらにレーザー光の照射による効果を高めることができる。

【0101】〔実施例5〕本実施例は、実施例4に示し

た、石英基板の代わりにガラス基板を利用した場合の例である。ガラス基板を用いた場合、その値段が安いので、石英基板を用いた場合に比較してさらにその生産コストを低減することができる。

【0102】〔実施例6〕本実施例は、実施例3に示した構成において、レーザー光の照射の前に加熱処理を行う場合の例である。この加熱処理は、非晶質珪素膜が結晶化しないような条件で行い、膜中の水素を離脱させるために行う。膜中の水素を離脱させると、珪素分子のダングリングボンド（不對結合手）を中和していた水素が放出されるので、膜中において、珪素分子のダングリングボンド（不對結合手）が増加し、結晶化に際するエネルギーのしきい値が低くなる。従って、レーザー光の照射に従う結晶化を促進することができる。

【0103】また、レーザー光の照射の終了後に、ガラス基板の歪点以下の温度で加熱処理を加えることは効果的である。これは、膜中の応力が加熱処理により緩和されるからである。

【0104】特に実施例1に示したように、最終的に可撓性を有する液晶表示パネルとする場合は、薄膜トランジスタを構成する活性層中の応力を十分緩和させておかないと、液晶表示パネルを湾曲させることによって、外部より加わる応力によって、活性層中にクラックが発生したり、欠陥が発生したりし、薄膜トランジスタの動作に影響が出てしまう。従って、フレキシブルな液晶表示パネルを構成する場合には、レーザー光の照射後に熱処理を行い膜中の応力を緩和させておくことは、大きな効果を有する。

【0105】〔実施例7〕本実施例は、実施例3に示す構成において、レーザー光の照射の前に加熱処理により珪素膜を予め結晶化させておく構成に関する。即ち、レーザー光の照射の前に550℃、4時間の加熱処理を加えることにより、非晶質珪素膜を結晶化させ、さらに図5（B）に示すようなレーザー光の照射を行うことにより、部分的に単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を形成する。

【0106】また、単結晶と見なせる領域、または実質的に単結晶と見なせる領域を形成することができなくても、レーザー光を照射することにより、加熱処理によって結晶化された結晶性をさらに向上させることができる。

【0107】〔実施例8〕本実施例は、実施例3に示す構成において、レーザー光の照射条件を単結晶と見なせる領域または実質的に単結晶と見なせる領域を形成するのに最適な条件からずれた条件において、レーザー光を照射する場合の例である。このような場合、多少の結晶粒界の存在が認められるような結晶性を有する領域を得ることができる。このような領域は、単結晶と見なせるような電気特性を有していなくても、それに十分近い電気特性を有している。

【0108】上記最適な条件からずれた条件というのは、かなり範囲の広いものである。従って、本実施例で示す構成は、レーザー光の照射パワーの変動等を考慮した場合、極めて実用性の高いものとなる。

【0109】〔実施例9〕本実施例では、剥離される基板に石英基板を使用して、高温で長時間の処理を可能にすることにより、ニッケル元素を利用して結晶化した珪素膜中のニッケルをゲッターリングした後に、薄膜トランジスタを作製するようにしたものである。以下に図11に従って本実施例を説明する。

【0110】まず、エッチングにより石英基板301上の表面に図7に示すように、格子状或いはスリット状の凹部を形成する。凹部の寸法は幅、高さを数1000Å～数μm、深さ数μm～数10μmとする。

【0111】次に、図11（A）に示すように、実施例1と同様に、凹部が形成された石英基板301表面にOCD溶液を使用して、焼成して、酸化珪素膜から成る剥離層302を1μmの厚さに形成する。剥離層302の表面に、TEOSガスを原料にして、プラズマCVD法により下地膜303として酸化珪素膜を5000Åの厚さに成膜する。

【0112】なお、下地膜303は可能な限り高い硬度とすることが重要となる。これは、下地膜303により最終的に得られた薄膜トランジスタの裏面が保護されるためであり、下地膜303が硬い程（即ち、そのエッチングレートが小さい方が）信頼性を高くすることができる。

【0113】なお、下地膜303中に塩素で代表されるハロゲン元素を微量に含有させておくことは有効である。このようにすると、後の工程において、半導体層中に存在する珪素の結晶化を助長する金属元素をハロゲン元素によってゲッターリングすることができる。

【0114】また、下地膜303の成膜後に水素プラズマ処理を加えることは有効である。また、酸素と水素とを混合した雰囲気でのプラズマ処理を行うことは有効である。これは、下地膜303の表面に吸着している炭素成分を除去し、後に形成される半導体膜との界面特性を向上させることに効果がある。

【0115】次に後に結晶性珪素膜となる非晶質珪素膜304を2000Åの厚さに減圧熱CVD法又はプラズマCVD法で成膜する。減圧熱CVD法の方が後に得られる結晶性珪素膜の膜質が緻密で好ましい。後に、この表面に熱酸化膜を形成するため、非晶質珪素膜304の膜厚は最終的に必要とするされる膜厚より厚くすることが必要である。

【0116】ここで作製する非晶質珪素膜304は、膜中の酸素濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であることが望ましい。これは、後の金属元素（珪素の結晶化を助長する金属元素）のゲッターリング工程において、酸素が重要な役割を果たすからである。ただし、酸

素濃度が上記濃度範囲より高い場合は、非晶質珪素膜の結晶化が阻害されるので注意が必要である。また他の不純物濃度、例えば、窒素や炭素の不純物濃度は極力低い方がよい。具体的には、 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下の濃度とすることが必要である。

【0117】図11(B)に示すように、非晶質珪素膜304の表面に10ppm(重量換算)のニッケルを含んだニッケル酢酸塩溶液を塗布して、乾燥させて、ニッケル層305を形成する。ニッケル層305は完全な層を成しているとは限らないが、非晶質珪素膜304の表面にニッケル元素が接している状態とされる。なお、ニッケル元素の導入量の調整は、溶液中におけるニッケル元素の濃度を調整することにより行う。

【0118】そして、900℃の温度で、4時間加熱処理を行い、非晶質珪素膜304を結晶化させ、図11(C)に示す結晶性珪素膜306を得る。本実施例では、石英基板301を使用したため、900℃程度まで加熱温度を高くすることが可能であるので、ガラス基板を使用した場合よりも、より高い結晶性を有する結晶性珪素膜306をより短時間で得ることができる。

【0119】なお、酸素は、後のゲッターリング工程において、ニッケルと結合して、ニッケルのゲッターリングに多大な貢献をすることとなる。しかしながら、この結晶化の段階で酸素とニッケルとが結合することは、結晶化を阻害するものであることが判明している。従って、この加熱による結晶化の工程においては、酸化物の形成を極力抑制することが重要となる。このため、結晶化のための加熱処理を行う雰囲気中の酸素濃度は、ppmオーダー、好ましくは1ppm以下とすることが必要である。このため、加熱処理の雰囲気は窒素又はアルゴン等の不活性ガスとする。

【0120】結晶性結晶性珪素膜306を得たら、図11(D)に示すように、ハロゲン元素を含んだ雰囲気中で再度加熱処理して、熱酸化膜307を形成する。この工程によって、結晶化のために初期の段階で意図的に混入させたニッケル元素が結晶性珪素膜306中から除去される。

【0121】加熱温度は結晶化工程の温度よりも高くする。これはゲッターリングを効果的に実施するための重要な条件である。本実施例では、石英基板301を使用しているため、加熱温度を950℃とする。また、ハロゲン元素を供給する気体としてHClガスを使用して、加熱処理の雰囲気を窒素雰囲気中における酸素濃度を10%とし、酸素に対するHClの濃度(体積濃度)を3%とする。このような条件下で処理時間を300分とすると、塩素を含有する熱酸化膜が約500Åの膜厚に形成されると同時に、塩素(ハロゲン元素)の作用により、結晶性珪素膜306内のニッケルが熱酸化膜307にゲッターリングされ、結晶性珪素膜306におけるニッケル濃度が減少される。なお、結晶性珪素膜307の膜厚は

約1700Å程度となる。

【0122】結晶性珪素膜306と熱酸化膜307との界面近傍においてニッケル元素が高くなる傾向が観察される。これは、ゲッターリングが主に行われる領域が、結晶性珪素膜306と熱酸化膜307との界面近傍の酸化膜側であることに要因があると考えられる。また、界面近傍においてゲッターリングが進行するのは、界面近傍の応力や欠陥の存在が要因であると考えられる。

【0123】この工程を経ることにより、ニッケル元素の濃度を最大で初期の1/10以下とすることができ、これは、何らハロゲン元素によるゲッターリングを行わない場合に比較して、ニッケル元素を1/10以下にできることを意味する。この効果は、他の金属元素を用いた場合でも同様に得られる。

【0124】なお、ゲッターリング工程の加熱温度は基板の変形や歪が許容される温度とし、500℃～1100℃、好ましくは600℃～980℃の温度で行う。500℃以下では、その効果が得られず、1100℃を越えると、石英で形成された治具が歪んでしまったり、装置に負担がかかるため、980℃以下とすることが好ましい。更に、この加熱処理温度の上限は加熱によって生ずる基板の変形や歪が許容できる温度で制限される。

【0125】例えば、加熱温度が500℃～750℃の場合は処理時間(加熱時間)を10時間～48時間、代表的には24時間とする。また加熱温度が750℃～900℃の場合は処理時間を5時間～24時間、代表的には12時間とする。また加熱温度が900℃～1100℃の場合は処理時間を1時間～12時間、代表的には6時間とする。

【0126】処理時間は、得ようとする酸化膜の膜厚によって、及び雰囲気中のハロゲン濃度、酸素濃度によって適宜に設定する。例えば、酸素97%、HClを3%とした雰囲気中で950℃の加熱処理を行った場合、約30分で熱酸化膜が500Åの厚さに形成されてしまい、ニッケルのゲッターリングを充分に行うことができない。従って、雰囲気におけるハロゲン・酸素濃度を調整し、充分なゲッターリング効果が得れる時間を稼いで、熱酸化膜を形成する必要がある。即ち、熱酸化膜の厚さや形成温度を変えた場合に、雰囲気中のハロゲン・酸素濃度を調整することで、ゲッターリングに必要とされる時間を適宜に設定することができる。

【0127】ここではハロゲン元素としてClを選択し、またその導入方法としてHClを用いる例を示した。HClは酸素に対して0.5%～10%(体積%)の割合で混合することが好ましい。なお、この濃度以上に混合すると、膜の表面が荒れてしまうので注意が必要である。

【0128】HCl以外のガスとしては、HF、HBr、Cl<sub>2</sub>、F<sub>2</sub>、Br<sub>2</sub>から選ばれた一種または複数種類のものを用いることができる。また一般にハロゲン

の水素化物を用いることができる。これらのガスは、雰囲気中での含有量（体積含有量）をHFであれば0.25～5%、HBrであれば1～15%、Cl<sub>2</sub>であれば0.25～5%、F<sub>2</sub>であれば0.125～2.5%、Br<sub>2</sub>であれば0.5～10%とすることが好ましい。上記の範囲以下の濃度とすると、有意な効果が得られるなくなる。また、上記の範囲以上の濃度とすると、珪素膜の表面が荒れてしまう。

【0129】ゲッターリング工程の後に、図11(E)に示すように、ニッケルを高濃度に含んだ熱酸化膜307を除去する。熱酸化膜307を除去するには、バッファーフッ酸（その他フッ酸系のエッチャント）を用いたウェットエッチングや、ドライエッチングを用いて行う。エッチングにより、含有ニッケル濃度を低減した結晶性珪素膜308を得ることができる。

【0130】なお得られた結晶性珪素膜308の表面近傍には、比較的ニッケル元素が高濃度に含まれるので、酸化膜307のエッチングをさらに進めて、結晶性珪素膜308の表面を少しオーバーエッチングすることは有効である。

【0131】最後に、図11(F)に示すように結晶性珪素膜308を島状にエッチングして、薄膜トランジスタの活性層309を形成する。更に、900℃程度の温度で熱酸化処理して、活性層309の表面に熱酸化膜310を数10Å程度の厚さに形成する。そして、この活性層309を使用して、図2、図3に示す実施例1の薄膜トランジスタの作製工程に従って、石英基板301上に薄膜トランジスタを作製し、そして剥離層301をエッチングにより除去して、その薄膜トランジスタを石英基板301から分離して、最終的に液晶表示装置を構成する一対の基板間に配置されるようにすればよい。

【0132】なお、熱酸化膜310は薄膜トランジスタのゲイト絶縁膜の最下層を構成することになるため、活性層309との界面にCVD法により堆積されたゲイト絶縁膜よりも、活性層309とゲイト絶縁膜との界面準位を下げることができ、薄膜トランジスタのS値を下げる事が可能になる。

【0133】剥離される基板として石英基板301は実施例4で説明したように、200回程度繰り返し使用することが可能であるため、石英基板301を使用しても経済性を損ねることはない。更に、石英基板301を使用することにより、高温で長時間の処理が可能になるため、熱酸化膜してニッケルをゲッターリングすることが可能になり、またゲイト絶縁膜の最下層を熱酸化膜で形成することが可能になるので、より特性のすぐれた薄膜トランジスタを作製することが可能となる。

【0134】〔実施例10〕本実施例で示すのは、本明細書で開示する発明を利用して得られた液晶ディスプレイを実際に利用する場合の応用例を示すものである。図8に示すのは、オートバイ等に乗る場合に使用されるヘ

ルメット801のシールド802（普通、透光性の樹脂材料や強化ガラスで構成されている）に例えば実施例1で示すようなフレキシビリティを有するアクティブマトリクス型の液晶表示装置803を配置した例である。このような構成を採用した場合、速度等の必要とする情報をヘルメット801のシールド802に表示することができる。

【0135】本明細書で開示する発明を利用した場合、フレキシブルな性質を有する液晶表示装置を得ることができるので、例えばヘルメット801の形状が異なるような場合でもその装着を容易に行うことができる。

【0136】また、図9に示すのは、本明細書で開示するフレキシブルな性質を有する液晶表示装置を車のフロントガラス811に装着する例である。液晶表示装置には計器812が表示されている。この場合には、フロントガラス811全体を液晶表示装置811としても、また計器811等を表示することが必要な部分に液晶表示装置を設けるようにしてもよい。

【0137】また、図10に示すのは、本明細書で開示するフレキシブルな性質を有する液晶表示装置を飛行機の風防のフロント821部分に装着する例であり、液晶表示装置には計器822が表示されている。この場合には、フロント821全体を液晶表示装置としても、また表示が必要な部分に液晶表示装置821を設けるようにしてもよい。

【0138】

【発明の効果】本明細書に開示する発明を利用することにより、フレキシブルなアクティブマトリクス型の液晶表示装置を得ることができる。またこのアクティブマトリクス型の液晶表示装置は、結晶性の高い珪素薄膜を用いた薄膜トランジスタを用いたものとすることができるので、極めて高い表示特性を有したものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例で示す液晶パネルの作製工程を示す図。

【図2】 実施例で示す液晶パネルの作製工程を示す図。

【図3】 実施例で示す液晶パネルの作製工程を示す図。

【図4】 実施例で示す液晶パネルを示す図。

【図5】 実施例で示す液晶パネルの作製工程を示す図。

【図6】 液晶表示装置の画素領域の概要を示す図。

【図7】 凹凸が形成された基板上に酸化膜が形成された状態を示す図。

【図8】 ヘルメットに液晶表示装置を配置した状態を示す図。

【図9】 車のフロントガラスに液晶表示装置を配置した状態を示す図。

25

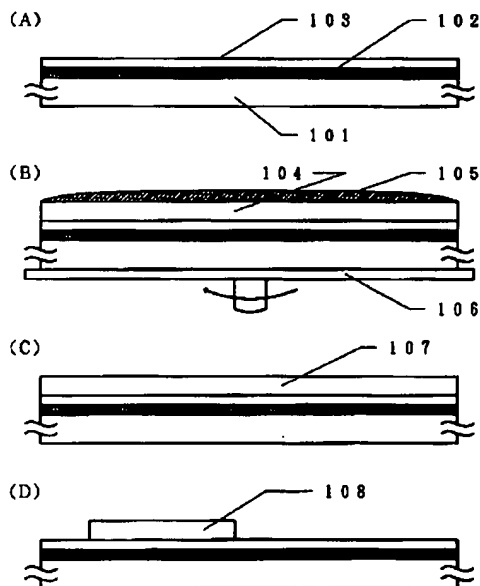
【図10】飛行機の操縦席のフロントガラスに液晶表示装置を配置した状態を示す図。

【図11】 実施例で示す液晶パネルの作製工程を示す図。

【符号の説明】

101	ガラス基板
102	酸化珪素膜（剥離層）
103	酸化珪素膜
104	非晶質珪素膜
105	ニッケル酢酸塩溶液の水膜
106	スピナー
107	結晶性珪素膜
108	活性層
109	ゲイト絶縁膜（酸化珪素膜）
110	ゲイト電極
111	陽極酸化物層
112	ソース領域
113	オフセットゲイト領域
114	チャネル形成領域
115	ドレイン領域
116	層間絶縁膜（酸化珪素膜）
117	ソース電極
118	画素電極（ITO電極）
119	樹脂層（封止層）
120	樹脂基板（PET基板）
121	配向膜
122	配向膜

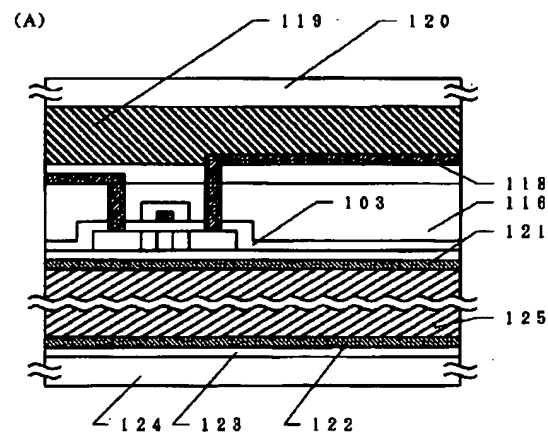
【図1】



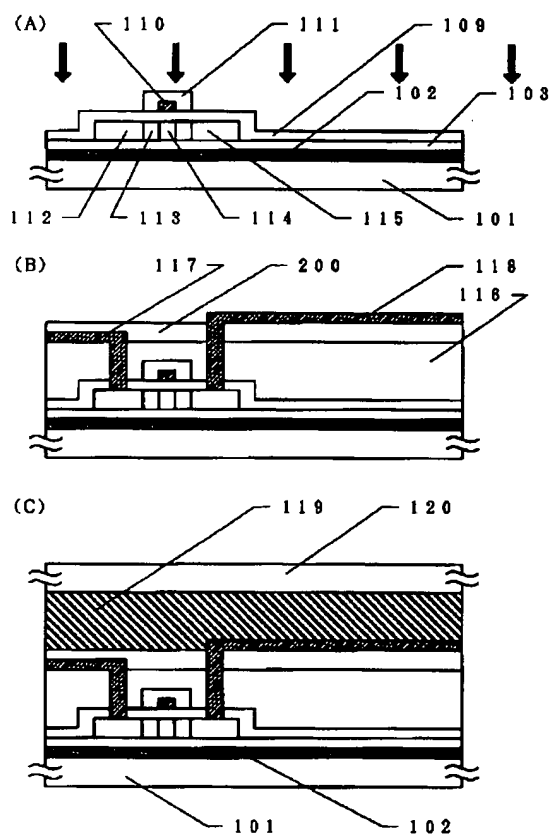
26

123	対向電極
124	樹脂基板（PET基板）
501	ガラス基板
502	酸化珪素膜（剥離層）
503	酸化珪素膜
504	非晶質珪素膜
505	ニッケル酢酸塩溶液の水膜
506	スピナー
507	単結晶と見なせる領域
508	活性層
509	ゲイト絶縁膜
510	ゲイト電極
511	陽極酸化物層
512	層間絶縁膜
513	電極
514	封止層
515	樹脂基板
601	ソース線
602	ゲイト線
603	画素電極（ITO電極）
604	ゲイト電極へのコンタクト
605	ソース領域へのコンタクト
606	ドレイン領域へのコンタクト
607	活性層に利用される領域
608	活性層に利用される領域
609	活性層に利用される領域
701	基板と酸化膜との間の隙間

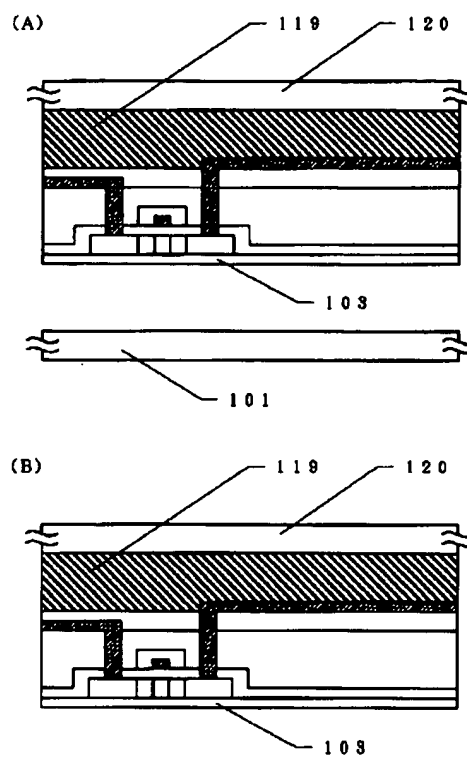
【図4】



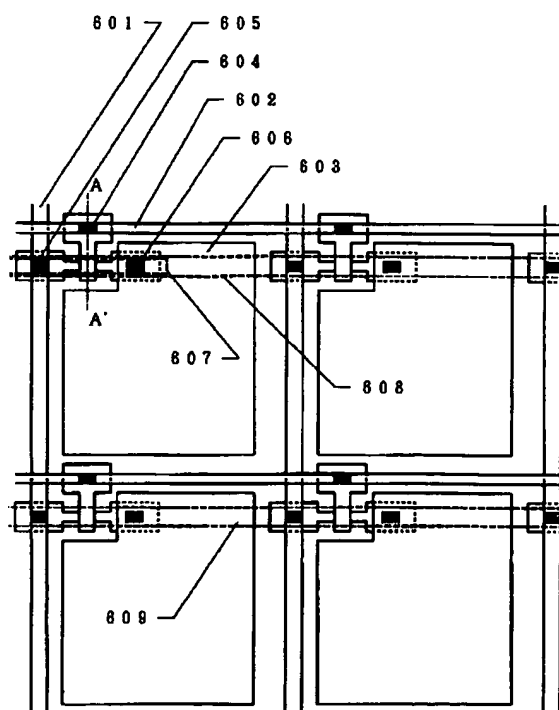
【図2】



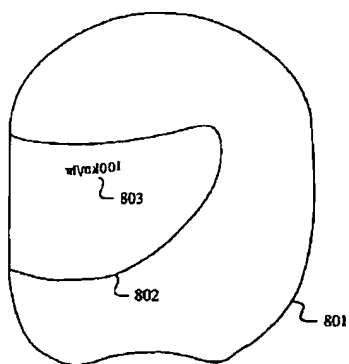
【図3】



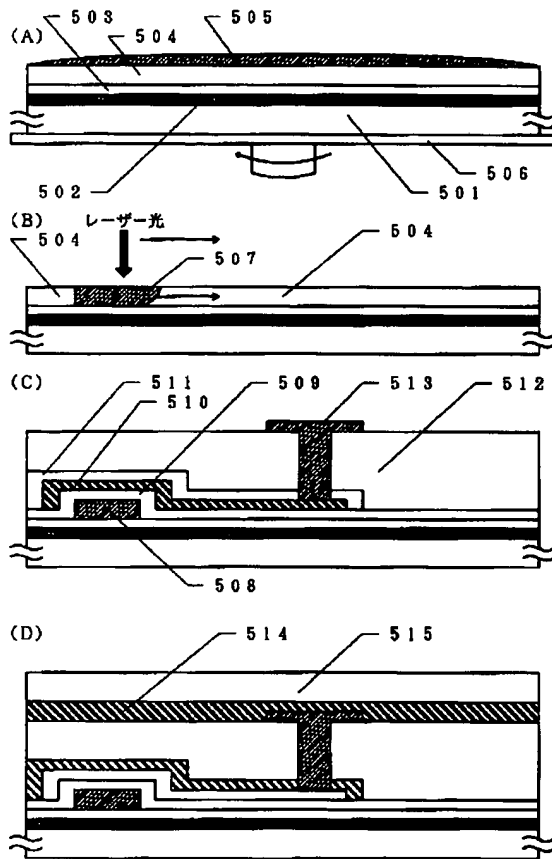
【図6】



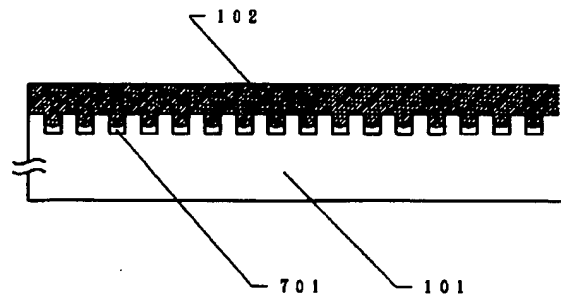
【図8】



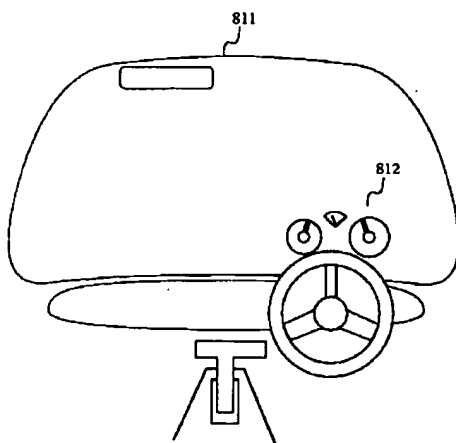
【図5】



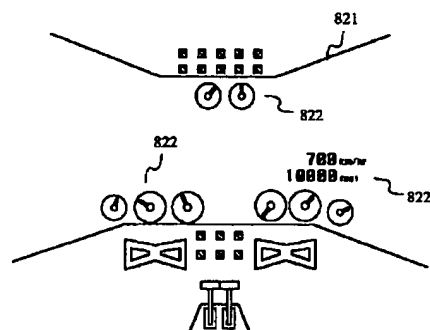
【図7】



【図9】



【図10】





【図11】

